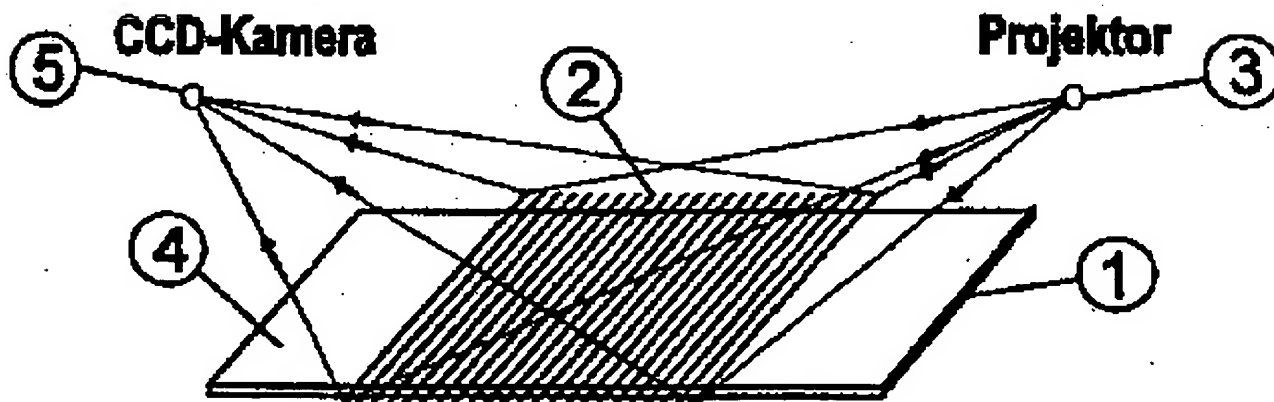


AN: PAT 1998-469379  
TI: Planarity measuring method for metal band or end face of coil wound from band involves evaluating line pattern directed onto surface of band by comparing camera line pattern image with reference line pattern  
PN: EP864847-A2  
PD: 16.09.1998  
AB: The method involves evaluating a line pattern (2) directed onto the surface of the metal band (1) by a projector (3). A CCD camera (5) is used to examine the line pattern directly. The image of the line pattern provided by the camera may be compared with a reference line pattern. The measured values provided in this way may be used to regulate of the production path for the metal band.; USE - For improving quality of manufactured metal band. ADVANTAGE - Simple and effective detection of planarity and sensitive control of coil or winding parameters.  
PA: (DEGN/) DEGNER M; (GOMO-) GOM GES OPTISCHE MESSTECHNIK GMBH; (GOMO-) GOM GES OPTISCHE MESSTECHNIK MBH; (KRPP ) KRUPP HOESCH STAHL AG; (MULL/) MULLER U; (PEUK/) PEUKER G; (SONN/) SONNENSCHNEIN D; (THIE/) THIEMANN G; (THYS ) THYSSEN KRUPP STAHL AG; (VDEH-) BETRIEBSFORSCHUNGS VDEH INST ANGEWANDTE; (WINT/) WINTER D;  
IN: DEGNER M; MUELLER U; PEUKER G; SONNENSCHNEIN D; THIEMANN G; WINTER D; DEGNER ; MUELLER ; THIEMANN ; WINTER ; MULLER U;  
FA: EP864847-A2 16.09.1998; DE59813304-G 02.02.2006; DE19709992-C1 01.10.1998; **DE19758466-A1** 15.10.1998; JP11002511-A 06.01.1999; US2001012388-A1 09.08.2001; US6286349-B1 11.09.2001; US2005089210-A1 28.04.2005; EP864847-B1 28.12.2005;  
CO: AL; AT; BE; CH; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; US;  
DR: AL; AT; BE; CH; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;  
IC: B21B-037/28; B21B-038/00; B21B-038/02; B21C-051/00; G01B-011/24; G01B-011/30; G06K-009/00;  
MC: S02-A03B3;  
DC: P51; S02;  
FN: 1998469379.gif  
PR: DE1009992 11.03.1997; DE1058466 11.03.1997;  
FP: 16.09.1998  
UP: 22.02.2006



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 58 466 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 21 B 37/28**

⑲ Aktenzeichen: 197 58 466.7  
⑳ Anmeldetag: 11. 3. 97  
㉑ Offenlegungstag: 15. 10. 98

**DE 197 58 466 A 1**

⑦① **Anmelder:**

Betriebsforschungsinstitut VDEh - Institut für  
angewandte Forschung GmbH, 40237 Düsseldorf,  
DE; GOM - Gesellschaft für Optische Meßtechnik  
mbH, 38106 Braunschweig, DE;  
Krupp-Hoesch-Stahl AG, 44145 Dortmund, DE

⑦④ **Vertreter:**

König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 40219 Düsseldorf

⑥② **Teil aus:** 197 09 992.0

⑦② **Erfinder:**

Winter, Detlef, Dr., 38527 Meine, DE; Degner,  
Michael, Dr.-Ing., 44229 Dortmund, DE; Thiemann,  
Gerd, Dipl.-Ing., 44879 Bochum, DE; Müller, Ulrich,  
Dr., 40789 Monheim, DE; Peuker, Gustav, 41066  
Mönchengladbach, DE; Peuker, Gustav, 41066  
Mönchengladbach, DE; Sonnenschein, Detlef,  
45149 Essen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Planheits-Regelungssystem für Metallband**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Planheits-Regelungssystem  
für Metallband, insbesondere zur Verwendung mit einem  
Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie von  
Warmband unter Erzeugung von Linien auf der Band-  
oberfläche mittels einer Lichtquelle, das eine Verbesse-  
rung der Band- oder Coilqualität durch ein einfaches und  
effektives Erfassen von Planheitsabweichungen und ein  
Regeln der Fertigungsparameter über die Verwertung des  
Linienmusters auf der Bandoberfläche oder der Stirnflä-  
che eines Coils beim Haspeln erlaubt.

**DE 197 58 466 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Planheits-Regelungssystem für Warmband sowie für die Stirnflächen des Coils beim Haspeln von Band.

Das bei Kaltbandstraßen übliche Kontaktmessen ist im Warmbandbereich aufgrund der hohen Temperatur des Bandes – von etwa 1000°C – nur mit erheblichem Instandhaltungsaufwand möglich. Ein Kontaktmessen ist auch an den Stirnflächen eines in einem Haspel entstehenden Coils nicht möglich. Es ist daher schwierig, wenn nicht gar unmöglich, Band so zu haspeln, daß im Coil jede Windung exakt über der vorausgehenden liegt und sich so plane Stirnflächen ergeben.

Die Bandplanheit wird in Warmbandstraßen vorzugsweise berührungslos gemessen. Bekannt ist beispielsweise ein Messen von Planheitsabweichungen mit Hilfe von auf das Band projizierten Lichtpunkten. Die Raumlage des vorzugsweise mit Hilfe eines Laserstrahls auf der Bandoberfläche erzeugten Lichtpunkts wird mit einem Abstandssensor erfaßt.

Die beiden ebenen Ortskoordinaten eines bestimmten Oberflächenpunktes sind durch die relative Lage zwischen Abtast- bzw. Beleuchtungsstrahl und der Bandoberfläche bekannt. Die Höhenkoordinate des Oberflächenpunktes, der aktuell vermessen wird, erfaßt ein ortsempfindlicher Detektor. Mit der Höhenkoordinate verändert sich gleichzeitig die Position des Abbildungspunktes auf dem Sensor.

Mit mehreren Strahlenquellen und Sensoren läßt sich so ein Planheitsbild über die gesamte Breite des Bandes erstellen, das sich aus den Meßergebnissen der in bestimmten Abständen auf das Band projizierten Lichtpunkte zusammensetzt. Die zwischen den Lichtpunkten befindlichen Bereiche werden allerdings bei diesem Verfahren nicht erfaßt und bilden bei einem fortlaufenden Band streifenförmige Meßlücken, deren Planheit nicht ermittelt wird. Darüber hinaus kommt es dadurch zu Meßfehlern, daß beispielsweise ein Flattern des Bandes meßtechnisch als Bandunebenheit erfaßt wird.

In der Automobilindustrie ist es bekannt, kleinere Oberflächen mit Hilfe der Moiré-Technik zu vermessen. Dabei wird auf der Objektoberfläche ein Interferenzmuster mittels einer Lichtquelle erzeugt. Mit Hilfe einer CCD-Kamera (CCD = Charge-coupled-device) wird das Interferenzmuster erfaßt. Die Kamera ist so angeordnet, daß sich ein Winkel zwischen der Lichtquelle der Oberfläche und der Kamera ergibt. Durch ein Referenzraster in der Bildebene entsteht durch Überlagerung des aufgenommenen Musters mit dem Referenzmuster ein sogenannter Moiré-Effekt. Aus den Moiré-Linien lassen sich die Höhendifferenzen quantitativ ermitteln.

Die Moiré-Technik liefert genauere Meßergebnisse als das Messen mit Lichtpunkten; sie erfaßt darüber hinaus im wesentlichen die gesamte Meßfläche und vermeidet die oben erwähnten Meßlücken. Der Einsatz in einer Warmbandstraße ist jedoch problematisch.

Um die Höhendifferenzen des Warmbandes quantitativ zu ermitteln, ist eine komplizierte Umrechnung der von der Kamera erfaßten Muster erforderlich. Die als Moiré-Linien abgebildeten Höhendifferenzen lassen sich nicht in Echtzeit in quantitative Meßwerte umrechnen.

In einer Walzstraße sind aber gerade schnelle Meßergebnisse erforderlich, da die Messung sich sonst kaum für ein direktes Anpassen der Walzparameter zur Verbesserung der Planheit des durchlaufenden Bandes ausnutzen läßt. Für den industriellen Einsatz mangelt es darüber hinaus den feinen Interferenzmustern an Kontrast- und Intensitätsstärke.

Bei herkömmlichen Warmbandstraßen, bei denen die

Bandplanheit nach einem der obenerwähnten Verfahren erfaßt wird, findet keine Erfassung der Planheitsfehler aus der Kühlstrecke statt, was erhebliche Qualitätsverluste zur Folge haben kann.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein System zu schaffen, das eine Verbesserung der Bandqualität durch ein einfaches und effektives Erfassen der Bandplanheit erlaubt und eine feinfühligere Regelung der Walz- und/oder Haspelparameter zuläßt.

Das Problem wird durch eine Warmbandstraße mit einer Fertigstaffel, einer Bandkühlung, einem Haspel und einer vor sowie einer hinter der Bandkühlung angeordneten Meßvorrichtung für die Bandplanheit, die mit der Regelung der Fertigstaffel, der Bandkühlung und des Haspels gekoppelt ist. Vorteilhafte Ausführungsformen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Zur Planheitsmessung kann beispielsweise ein Projektor eingesetzt werden, der ein der Auflösung der Kamera entsprechendes Linienmuster auf der Bandoberfläche bzw. der Stirnfläche des Coils erzeugt. Der Projektor kann dabei oberhalb des Warmbandes angeordnet sein und das Linienmuster in einem Winkel zur Vertikalen auf die Oberfläche des Warmbandes, so daß sich die Linien vorzugsweise quer zur Bandoberfläche erstrecken und somit die ganze Bandbreite erfassen, projizieren.

Eine CCD-Kamera mit einer Auflösung von beispielsweise acht Pixel pro Linie erfaßt die quer über die Bandoberfläche verlaufenden Linien. Bei einer absoluten Bandplanheit entsteht ein gleichmäßiges Muster gerader Linien mit unverändertem Linienabstand.

Abweichungen der Bandoberfläche von der idealen Ebene bewirken eine Änderung des Linienabstandes im Bereich der Unebenheit. Diese Änderung erfaßt die Kamera. Sie läßt sich rechnerisch durch einen Vergleich mit einem Idealmuster auf einfache Weise in Höhendifferenzen umrechnen.

In ähnlicher Weise wie beim Planheitsmessen am laufenden Band, läßt sich mit Hilfe des erfindungsgemäßen Meßsystems die Planheit der Stirnflächen beim Haspeln überwachen bzw. gewährleisten. Die Stirnfläche des sich im Haspel aufbauenden Coils entspricht dabei der Bandoberfläche.

Das beschriebene "Linien-Meßsystem" ermöglicht eine schnelle Ermittlung der tatsächlichen Höhendifferenzen der Bandoberfläche und erlaubt so eine Echtzeiterfassung fortlaufender Bandabschnitte. Dies hat den Vorteil, daß die Meßergebnisse ein Anpassen der Walzparameter unmittelbar nach dem Auftreten einer Unebenheit erlauben.

Das Linien-Meßsystem ermöglicht eine Messung, die unempfindlich ist gegen Verfälschungen der Meßergebnisse. Solche Verfälschungen entstehen bei herkömmlichen Meßsystemen beispielsweise infolge einer Bewegung der gesamten Bandoberfläche bezüglich der Höhenkoordinate (Flattern). Die Erfindung erlaubt darüber hinaus, die Querverwölbung des Bandes zu bestimmen. Konventionelle Meßsysteme erfassen lediglich die Bandfaserlänge. Die Meßlinien lassen sich zudem bezüglich ihrer Intensität und Liniendicke unterschiedlichen Bedingungen anpassen. Die Probleme der feinen intensitäts- und kontrastschwachen Moiré-Linien treten nicht auf.

Das Linien-Meßsystem eignet sich besonders für ein Messen am aus der Fertigstaffel auslaufenden Warmband in Verbindung mit einer Messung des Bandes am Haspel. Durch diese Anordnung können Veränderungen der Bandplanheit infolge des Bandabkühlens zwischen Fertigstaffel und Haspel erfaßt und zur Planheitsregelung verwertet werden.

Die Meßdaten lassen sich in vorteilhafter Weise zur Regelung der Fertigstaffel, des Haspels und zur Steuerung der

Kühlstrecke verwerten.

Meßergebnisse, die eine Sollwertabweichung beinhalten, bewirken eine sofortige und aufeinander abgestimmte Anpassung der Parameter für die Fertigstaffel, die Kühlstrecke und den Haspel.

Das erfindungsgemäße System läßt sich neben der Planheitsmessung in einer Fertigstraße auch in nachgeschalteten Produktionslinien wie zum Beispiel bei der Regelung von Streckrichtanlagen und in Beizlinien einsetzen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 die Anordnung des Projektors und der Kamera vor einer Haspelgrube sowie

Fig. 2 ein Blockdiagramm der Planheits-Regelung.

Quer zum Band 1 verlaufende Meßlinien werden durch einen Projektor 3 auf der Meß- bzw. Bandoberfläche 4 erzeugt.

Die Meßanordnung ist im Auslauf der Fertigstaffel 6 einerseits und vor dem Haspel 7 andererseits in einem Meßhaus 13 angeordnet. Die CCD-Kamera 5 befindet sich auf der dem Haspel 7 abgewandten Meßhausseite in einem wassergekühlten Gehäuse. Der Projektor 3 ist auf der dem Haspel 7 zugewandten Meßhausseite angeordnet. Zur Wärmeabfuhr wird das Gehäuse mit Kühlluft beaufschlagt. Die Kühlung des Projektors 3 und der Kamera 5 ist zum Abführen der Eigenwärme und der von dem etwa 1000°C heißen Band 1 ausgehenden Wärmestrahlung erforderlich.

Die bezüglich der Bandlaufrichtung hintereinander angeordnete Kamera 5 und der Projektor 3 sind auf einen zwischen ihnen befindlichen Bandbereich ausgerichtet, auf dem das Linienmuster erzeugt und abgetastet wird. Als Projektor läßt sich beispielsweise eine Xenon-Lichtquelle einsetzen, die auch auf einer heißen Brame ein gut lesbares Linienmuster erzeugt.

Unebenheiten auf der Bandoberfläche 4 bewirken einen unregelmäßigen Verlauf der Meßlinien bzw. deren Abweichung von der geometrischen Geraden.

Mit einer CCD-Kamera 5 werden die Meßlinien und damit auch deren durch Unebenheiten veränderter Verlauf erfaßt. Das Meßbild wird nach der Erfassung rechnerisch mit einem zuvor aufgenommenen Referenzmuster verglichen. Aus den Abweichungen ergeben sich unmittelbar die Höhendifferenzen und die Parameter für die Regelung der Fertigstraße.

Dadurch entsteht ein vollständiges Planheitsbild des sich in Pfeilrichtung bewegenden Bandes 1.

Aus dem Diagramm der Planheitsregelung (Fig. 2) ergibt sich der erfindungsgemäße Aufbau. Das Warmband 1 durchläuft die Fertigstaffel 6 und die Bandkühlung 8 bis zum Haspel 7 in der Haspelgrube. Im Auslauf der Fertigstraße wird die Planheit des Warmbandes erfaßt, analysiert und zur Ansteuerung der letzten Gerüste der Fertigstaffel 6 (Walzenbiegung und Schwenken) verwertet. Diese innere Planheits-Regelschleife 9 wird durch eine äußere Planheits-Regelschleife 10 ergänzt. Durch eine Messung der Bandplaneit hinter der Bandkühlung 8 vor dem Haspel 7 wird die äußere Planheits-Regelschleife 10 zur Anpassung des Sollwertes der inneren Regelschleife aufgebaut.

Mit den hinter der Bandkühlung erfaßten Meßwerten wird ferner eine erste unterlagerte Regelschleife 11 erzeugt, die eine Anpassung des Sollwertes für die Kühlstrecke 8 erlaubt, und eine zweite unterlagerte Regelschleife 12, die eine Anpassung des Sollwertes für den Haspelzug 7 erlaubt, aufgebaut.

Insgesamt läßt sich die erfindungsgemäße Erfassung und Regelung beim Warmwalzen effektiv verwenden, um eine

hohe Bandplanheit bei den in Warmbandstraßen üblichen hohen Fertigungsgeschwindigkeiten bis 25 m/s zu erreichen.

#### Patentansprüche

1. Warmbandstraße mit einer Fertigstaffel (6), einer Bandkühlung (8), einem Haspel (7) und einer vor sowie einer hinter der Bandkühlung angeordneten Meßvorrichtung für die Bandplanheit, die mit der Regelung der Fertigstaffel (6), der Bandkühlung (8) und des Haspels (7) gekoppelt ist.
2. Warmbandstraße nach Anspruch 1, bei der im Auslauf der Fertigstraße die Planheit des Bandes (1) erfaßt, analysiert und zum Ansteuern der letzten Gerüste der Fertigstaffel (6) verwertet und dabei durch die Meßwerte der Planheitsmessung hinter der Bandkühlung (8) und vor dem Haspel (7) modifiziert wird.
3. Warmbandstraße nach Anspruch 1 oder 2, bei der mit den hinter der Bandkühlung (8) erfaßten Meßwerten eine erste unterlagerte Regelschleife (11) erzeugt wird, die ein Anpassen des Sollwertes für die Kühlstrecke (8) erlaubt.
4. Warmbandstraße nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der mit den hinter der Bandkühlung (8) erfaßten Meßwerten eine zweite unterlagerte Regelschleife (12) erzeugt wird, die ein Anpassen des Sollwertes für den Haspelzug (7) erlaubt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**Fig. 3** *1*

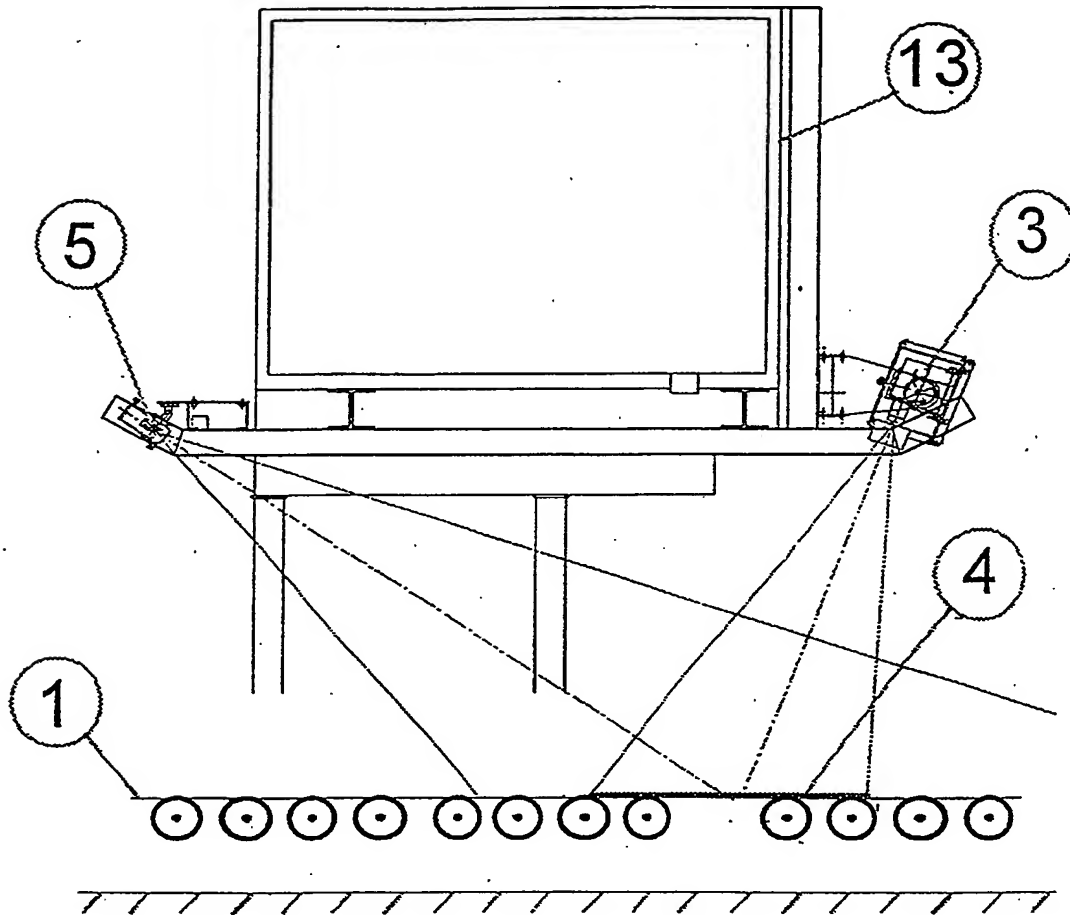


Fig. 4<sup>2</sup>

